

DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITOS DE PEAD REFORÇADOS COM PÓ DE ACIARIA

Alessandro Oliveira de Souza

OBJETIVO

Desenvolver e caracterizar um produto compósito polimérico a partir de uma mistura do PEAD com o resíduo da siderurgia (pó de aciaria).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Preparar formulações de compósitos de PEAD contendo 10 a 40% de pó de aciaria;
- Preparar formulações de compósitos de PEAD contendo 10 a 40% de ferro reduzido puro para efeito comparativo;
- Obter corpos de prova via injeção a 300°C e realizar ensaios mecânicos de tração, flexão e dureza;
- Caracterizar a morfologia dos compósitos via microscopia.
- Avaliar as modificações estruturais promovidas pela Análise Termogravimétrica;
- Avaliar, por meio da Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), a influência do ferro puro e do pó de aciaria sobre as propriedades térmicas do material.

JUSTIFICATIVA

São gerados cerca de 20 kilos de pó de aciaria por tonelada de aço produzido no mundo, e isso poderia inviabilizar a sua produção devidos aos fatores ambientais e econômicos, com isso estamos verificando outras técnicas de processamento para consumir este material.

Obtenção do pó de aciaria

O pó de aciaria é um coproduto sólido gerado no refino do aço em um conversor LD através de uma lança que injeta oxigênio a uma velocidade supersônica ou em fornos elétricos através de três eletrodos de grafite.

Obtenção do pó de aciaria no processo LD



SUCATA



FERRO GUSA

CARGA - COMPOSIÇÕES QUÍMICAS

	SUCATA	FERRO GUSA
C	0,05%	4,5%
Mn	0,15%	0,50%
Si	0%	0,50%
P	0,015%	0,090%
S	0,015%	0,040%

Refino no conversor

CARGA METÁLICA

OXIGÊNIO

17000Nm³

F= 900 Nm³/min

V= 2,2 mach

AÇO - 340t

GUSA
325t

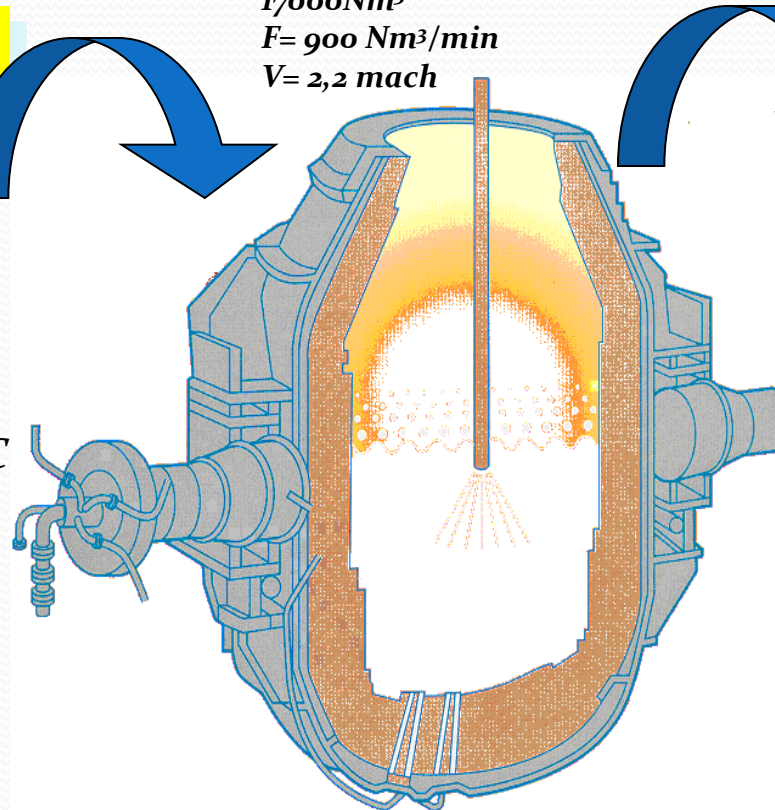
{	C	= 4,5
	Mn	= 0,50
	Si	= 0,50
	P	= 0,090
	S	= 0,015
	T	= 1370°C

SUCATA
45t

{	C	= 0,05
	Mn	= 0,15
	P	= 0,015
	S	= 0,015

FUNDENTES

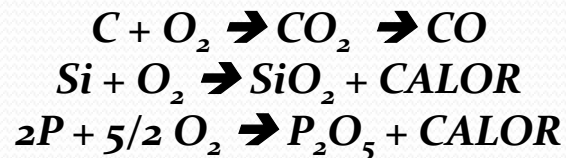
- CAL CALCÍTICA = 12t
- CAL DOLOMÍTICA = 9t



C	= 0,05
Mn	= 0,15
Si	= 0
P	= 0,015
S	= 0,015
O	= 580 ppm
T	= 1690°C

ESCÓRIA - 30 t

CaO	= 45%
SiO ₂	= 12%
FeO	= 23%



Refino no conversor

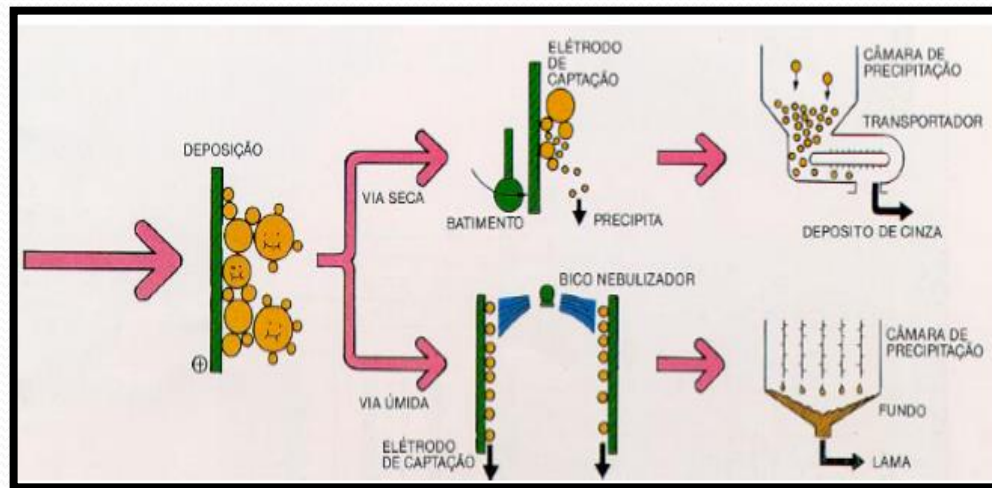


Coleta do pó de aciaria

A coleta deste pó no processo de fabricação do aço é realizada através de um dispositivo chamado Precipitador Eletrostático, que remove as partículas sólidas suspensas em um ambiente gasoso usando forças eletrostáticas.



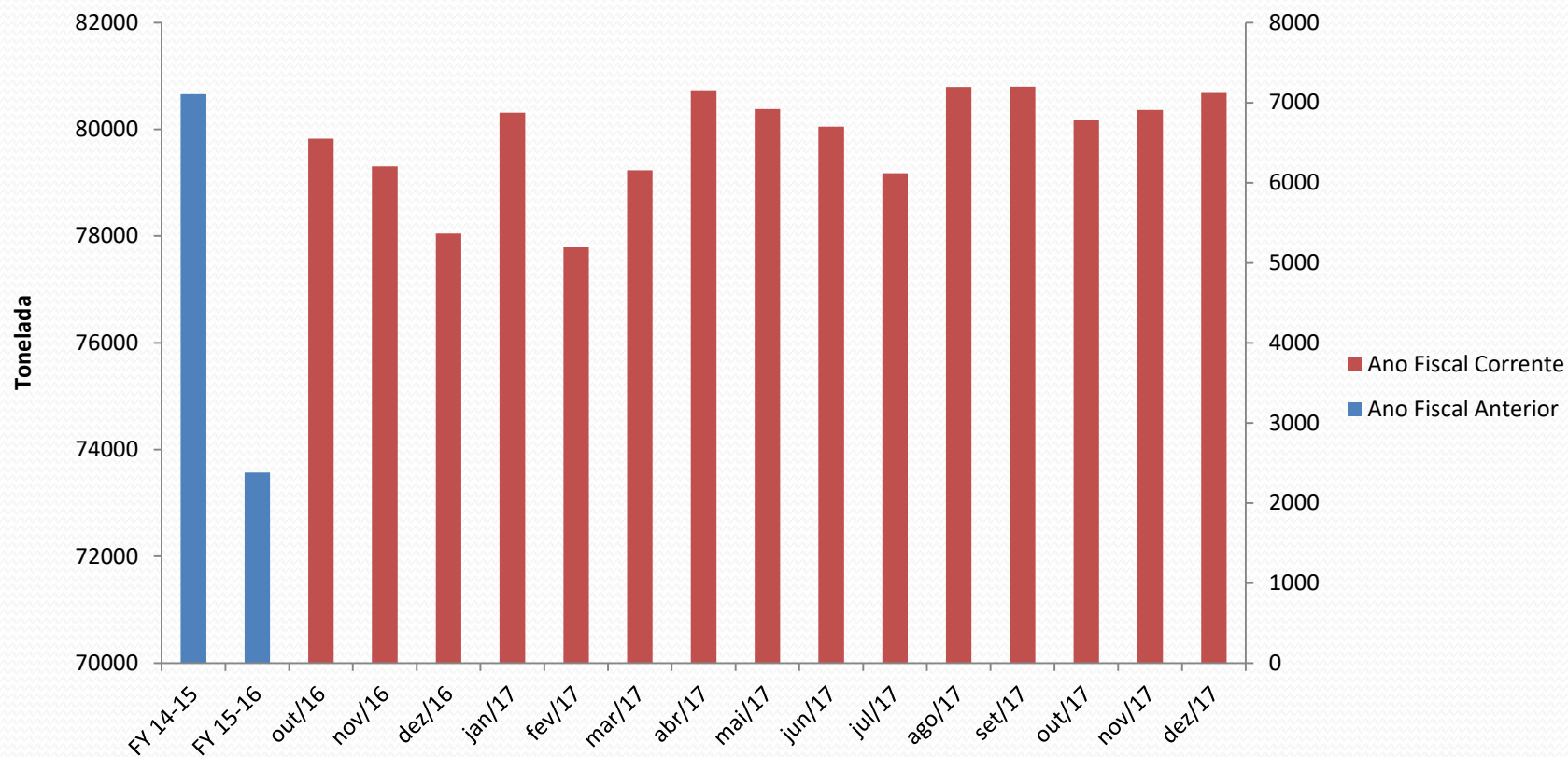
Coleta do pó de aciaria



Pó de aciaria



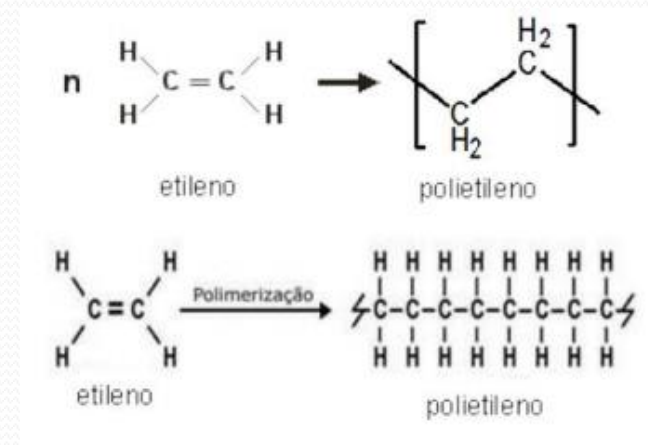
GERAÇÃO DE PÓ DE ACIARIA



PEAD

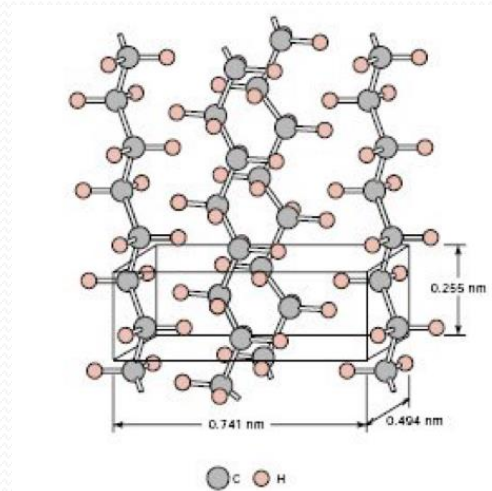
O PEAD foi escolhido como matriz desse estudo por suas diversas características :

- Baixo custo de produção;
- Fácil processamento;
- É uma resina Termoplástica;
- Propriedades isolantes;
- Possui uma estrutura bem compacta e altamente linear.



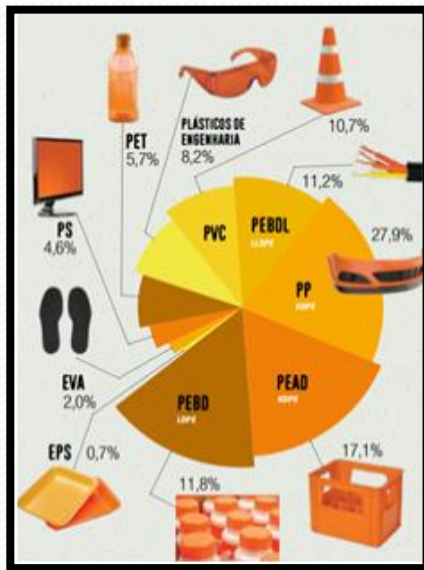
PEAD

- O PEAD é adquirido a partir do etileno em um sistema catalítico denominado Ziegler-Natta.
- A maneira mais comum de fabricar o PEAD é por extrusão, moldagem por injeção e sopro.

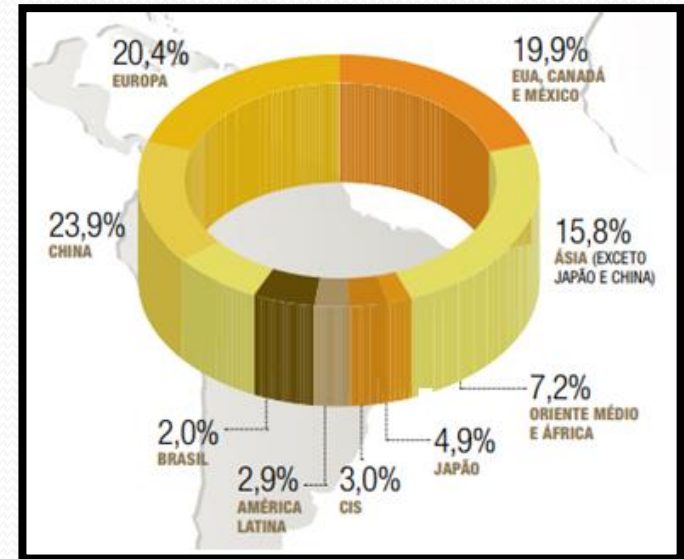


Utilização do polímero

No Brasil a produção aumentou cerca de 33% entre 2000 e 2009, acompanhada do aumento do consumo, apesar disso cerca de 6 milhões de toneladas representam menos de 2% do total produzido no mundo

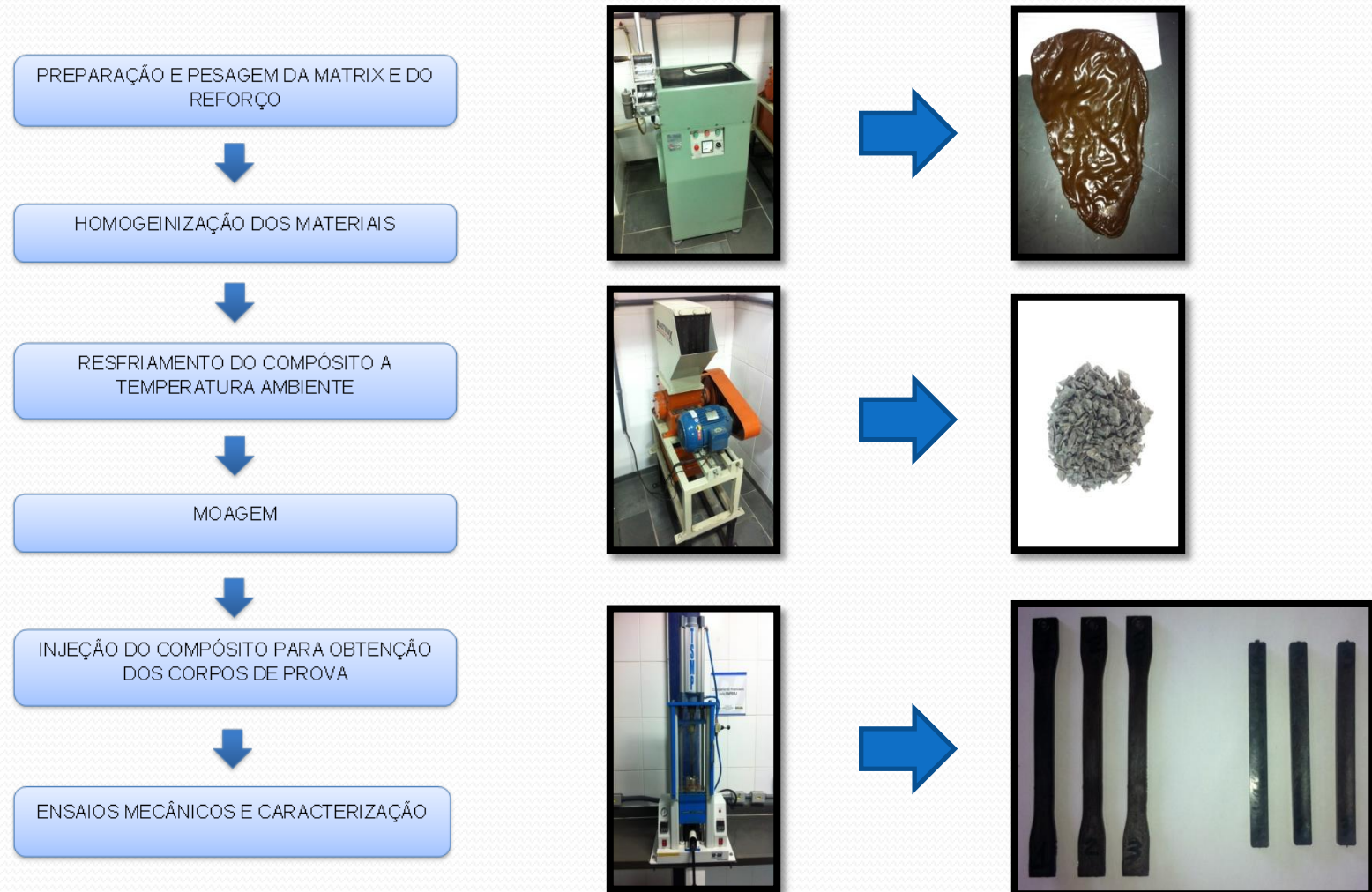


Fonte: PIA PRODUTO, 2011 – IBGE/Abiplast



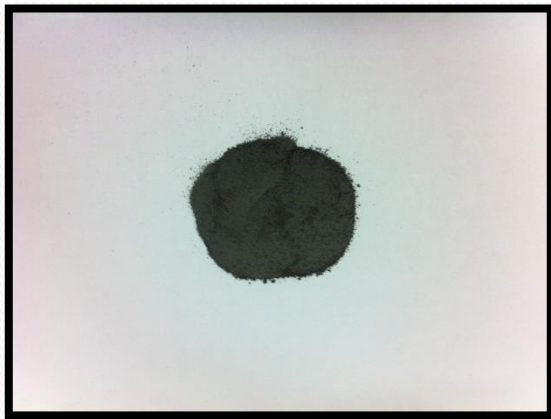
Fonte: PLASTICS EUROPE, (2013)

Preparação e obtenção dos corpos de prova



MATERIAIS E MÉTODOS

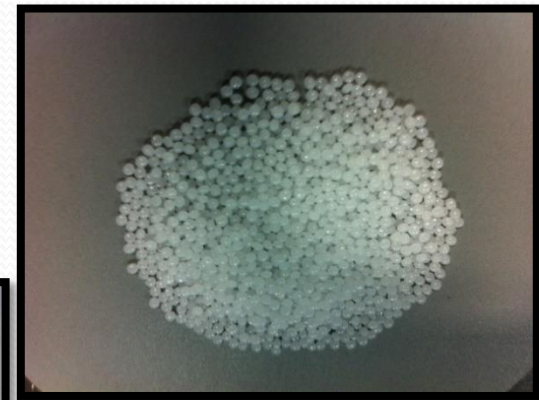
- Para a confecção dos compósitos foram utilizados o ferro puro, pó de aciaria e o polietileno de alta densidade



Ferro puro



Pó de aciaria



PEAD

Composição dos materiais

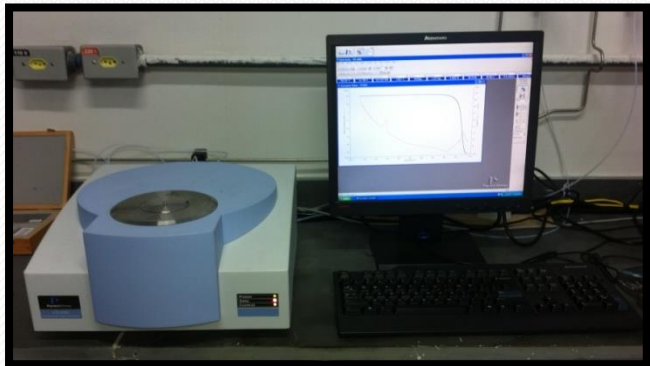
Para o processamento dos compósitos, foram utilizados o PEAD como matriz, reforçados com o ferro puro e pó de aciaria, ambos nas proporções de 10%, 20%, 30% e 40% de massa de reforço

Amostra	Tipo de reforço	Quantidade de PEAD (% m/m)	Quantidade de reforço (% m/m)
PEAD	-	100	-
CPFe 10%	Ferro puro	90	10
CPFe 20%	Ferro Puro	80	20
CPFe 30%	Ferro Puro	70	30
CPFe 40%	Ferro Puro	60	40
CPpó 10%	Pó de aciaria	90	10
CPpó 20%	Pó de aciaria	80	20
CPpó 30%	Pó de aciaria	70	30
CPpó 40%	Pó de aciaria	60	40

Caracterização e ensaios dos compósitos



Caracterização quanto a morfologia



Análise Térmica

Ensaio
Mecânico



Resultados e discussões

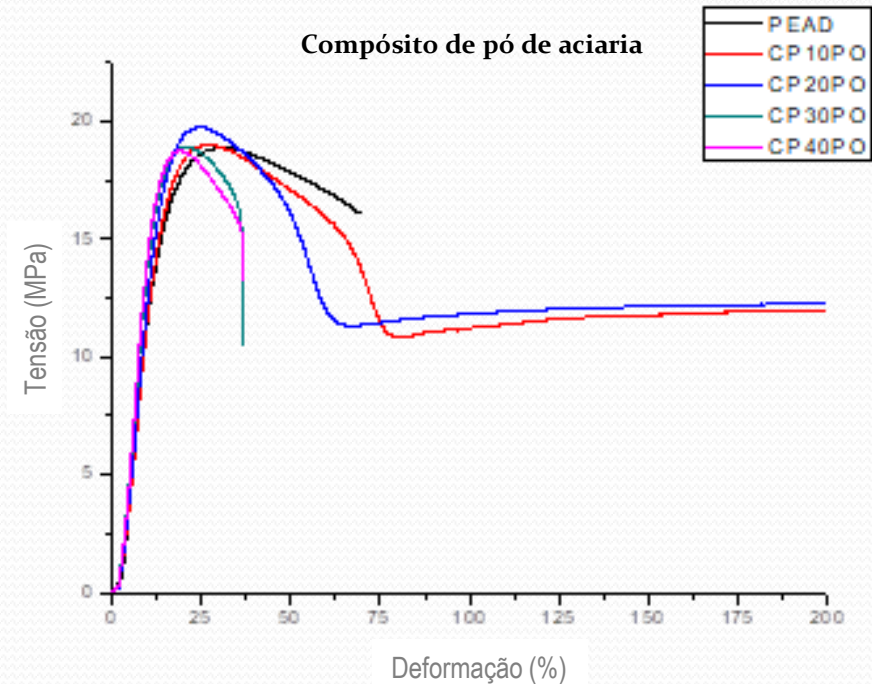
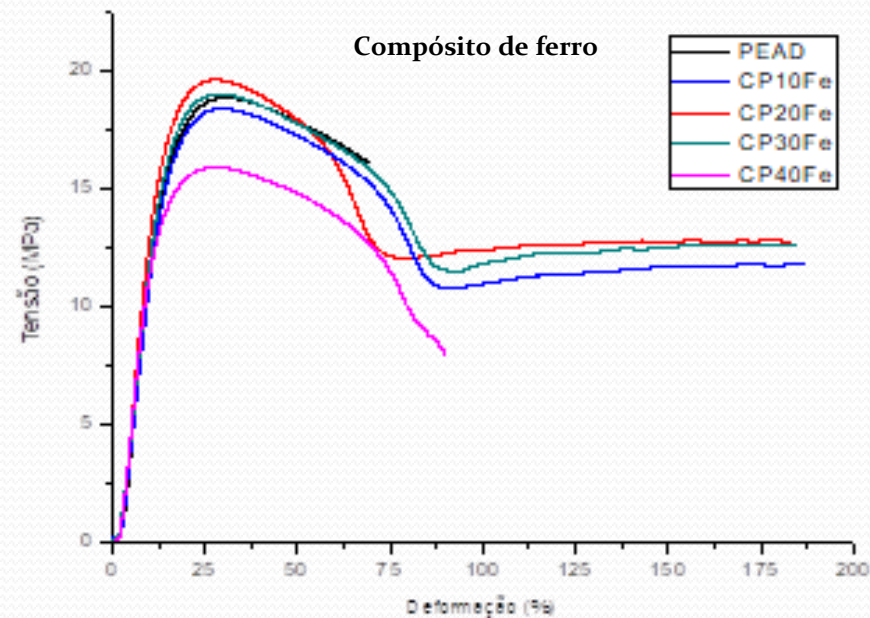
- Ensaio de tração

Amostras	Alongamento na Tensão Máxima	Tensão Máxima (Mpa)	Módulo de Elasticidade (Mpa)
PEAD PURO	31,02%	18,91 ± 1,2	153,3 ± 23,9
CFE 10%	29,93%	18,45 ± 0,1	140,4 ± 16,6
CFE 20%	28,37%	19,13 ± 0,5	174,5 ± 19,4
CFE 30%	30,05%	19,11 ± 0,7	176,7 ± 5,73
CFE 40%	29,96%	16,05 ± 0,1	158,1 ± 11,4
CPó 10%	27,24%	19,48 ± 1,2	176,9 ± 23,4
CPó 20%	26,38%	19,99 ± 0,2	195,5 ± 14,7
CPó 30%	26,65%	19,18 ± 0,3	199,1 ± 0,40
CPó 40%	26,04%	18,66 ± 0,7	215,1 ± 12,2

- Diminuição da tenacidade dos CP₄₀Fe, CP₃₀PO e CP₄₀PO, o que pode ser observado pela menor área sob a curva até a ruptura;
- Aumento de 15% na rigidez CP₂₀Fe e CP₃₀Fe com relação ao PEAD;
- CP₄₀Fe houve diminuição 12% na rigidez em relação ao CP₂₀Fe e CP₃₀Fe (interação metal/polímero);
- CP₄₀PO aumento de 41% na rigidez e perda de 16% na ductilidade com relação ao PEAD;

Resultados e discussões

- Ensaio de tração



Resultados e discussões

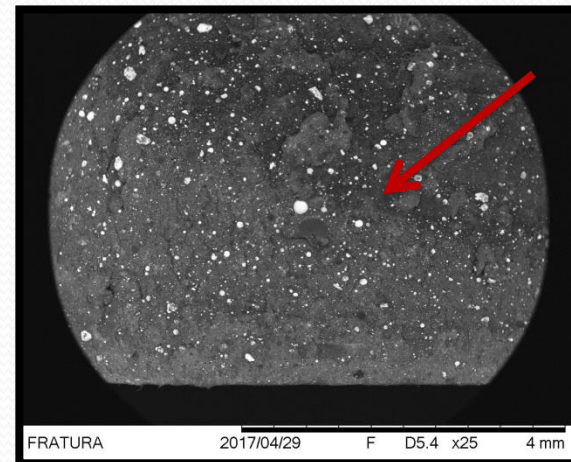
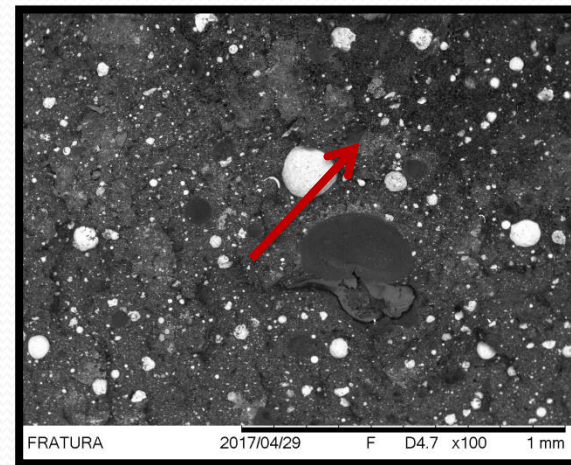
- Ensaio de flexão

Amostras	Tensão Máxima (Mpa)	Módulo de Elasticidade (Mpa)
PEAD PURO	$24,33 \pm 1,8$	$847,6 \pm 103,2$
CFe 10%	$23,69 \pm 1,5$	$751,2 \pm 54,6$
CFe 20%	$24,27 \pm 1,1$	$870,6 \pm 21,8$
CFe 30%	$22,41 \pm 0,9$	$1052 \pm 79,5$
CFe 40%	$21,55 \pm 2,2$	$901,5 \pm 69,3$
CPó 10%	$23,08 \pm 2,1$	$935,7 \pm 25,9$
CPó 20%	$29,64 \pm 5,2$	$1236 \pm 205,5$
CPó 30%	$25,55 \pm 1,5$	$968,9 \pm 175,5$
CPó 40%	$24,66 \pm 2,8$	$1159 \pm 244,4$

- CP₄₀Fe redução na tensão máxima com relação ao de PEAD de aproximadamente 11,4% de redução;
- CP₂₀PO aumento de 21,8% na tensão máxima com relação ao PEAD puro;
- CP₂₀PO teve um aumento considerável no módulo de elasticidade em flexão. O mesmo obteve um aumento de aproximadamente 17,5% com relação ao CP₃₀Fe e 46% se comparado com PEAD puro;

Resultados e discussões

- Ensaio de flexão (fratura)



A Figura acima evidencia uma distribuição de poros heterogênea (região mais clara) e espaços intersticiais (regiões mais escuras). Possivelmente CP4oPO, não houve uma mistura adequada durante o processo de injeção, provavelmente devido a sua densidade e a granulometria.

Resultados e discussões

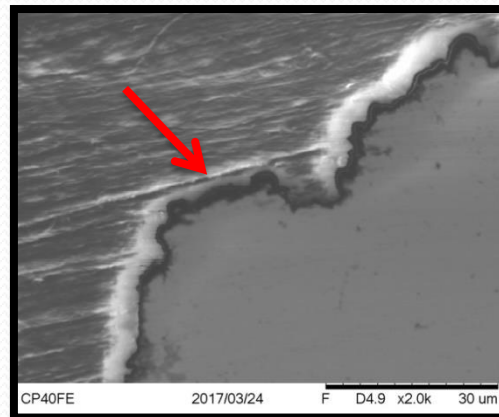
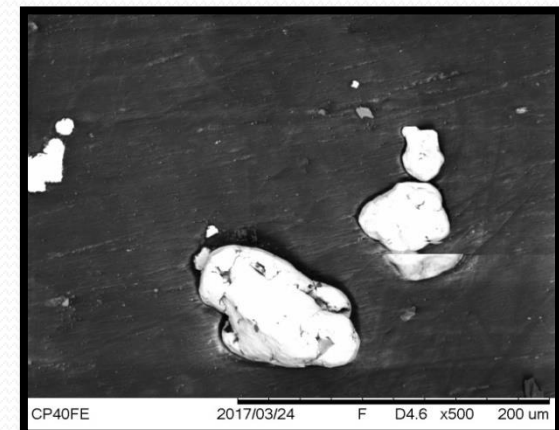
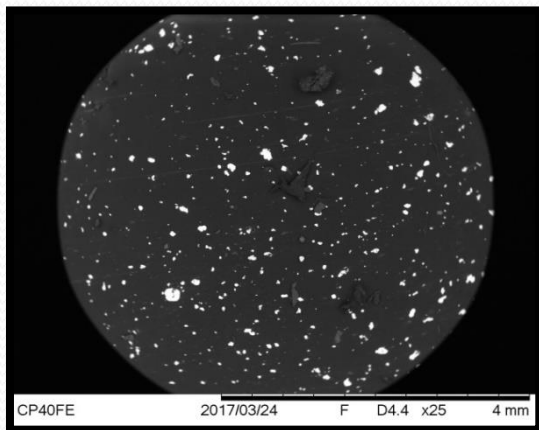
- Ensaio de dureza Shore D

Amostras	Dureza Shore D
PEAD PURO	53,45 ± 2,3
CFe 10%	58,38 ± 1,5
CFe 20%	58,04 ± 2,8
CFe 30%	57,94 ± 2,4
CFe 40%	59,92 ± 3,3
CPó 10%	53,56 ± 1,0
CPó 20%	61,34 ± 2,6
CPó 30%	55,94 ± 1,0
CPó 40%	54,94 ± 3,8

- Os compósitos de ferro e de pó de aciaria apresentaram valores de dureza mais altos quando comparados ao PEAD puro; cerca de 8%;
- Não houve uma diferença significativa entre amostras de ferro e pó de aciaria;

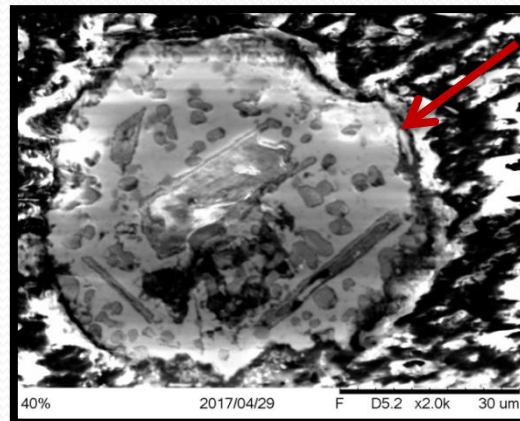
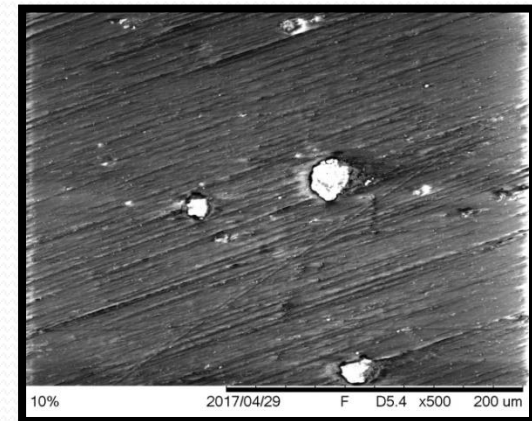
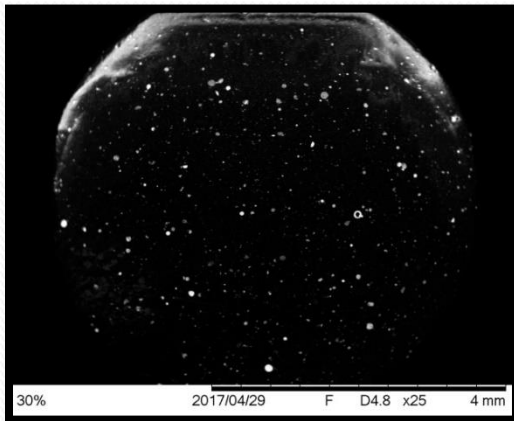
Resultados e discussões

- Análise morfológica do compósito de ferro



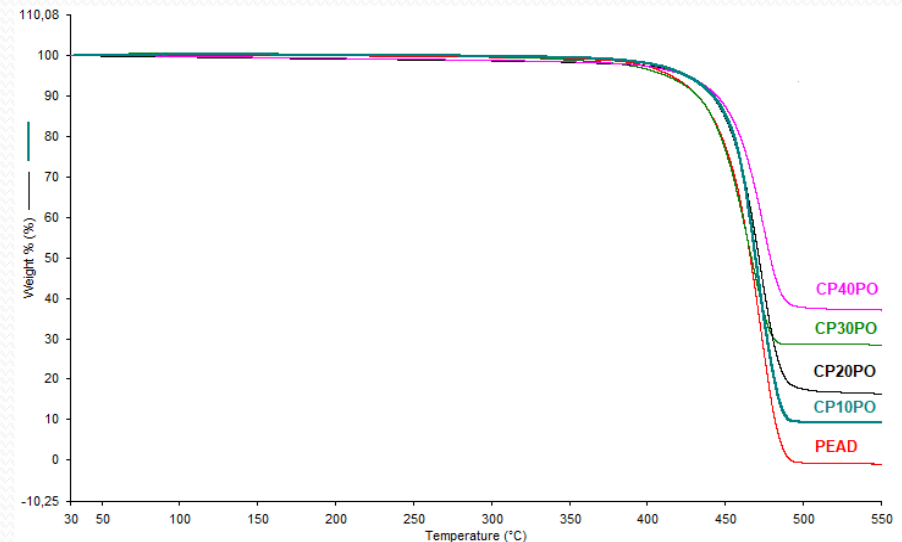
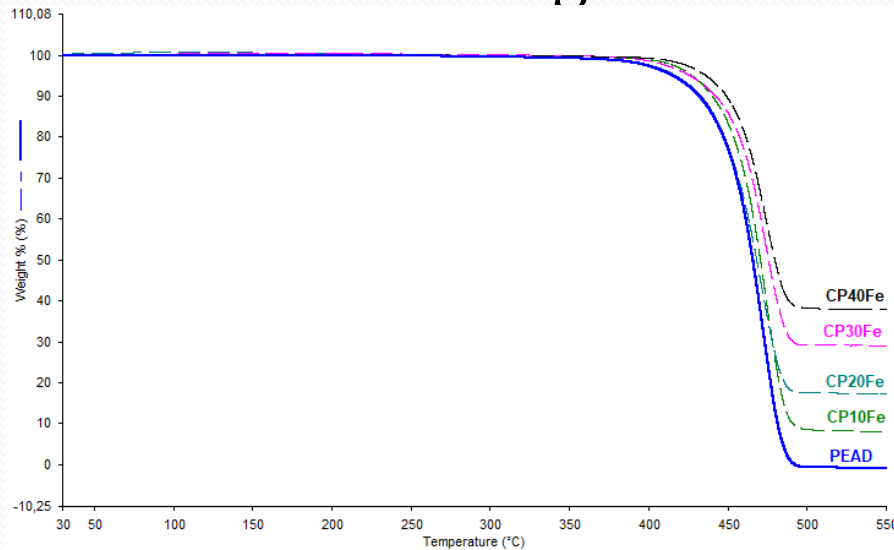
Resultados e discussões

- Análise morfológica do compósito de pó de aciaria



Resultados e discussões

● Análise Termogravimétrica (TGA)



Resultados e discussões

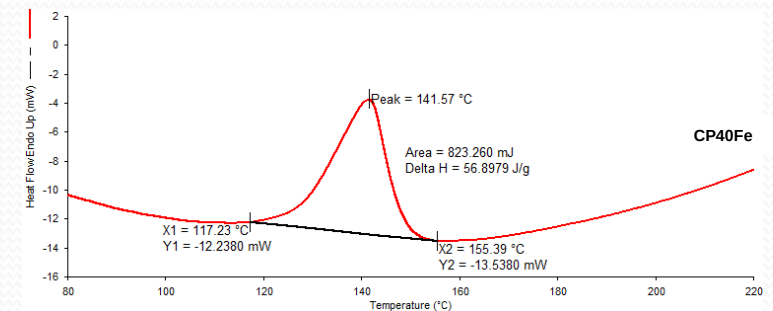
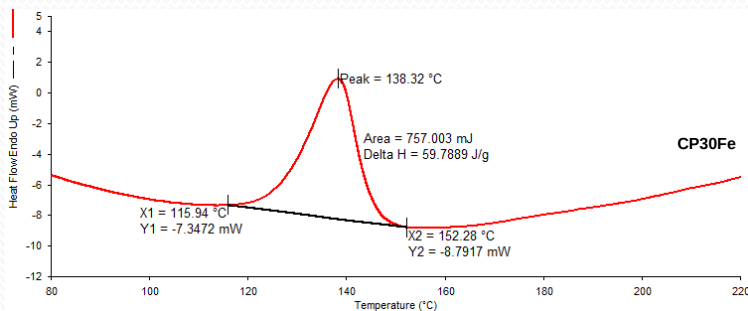
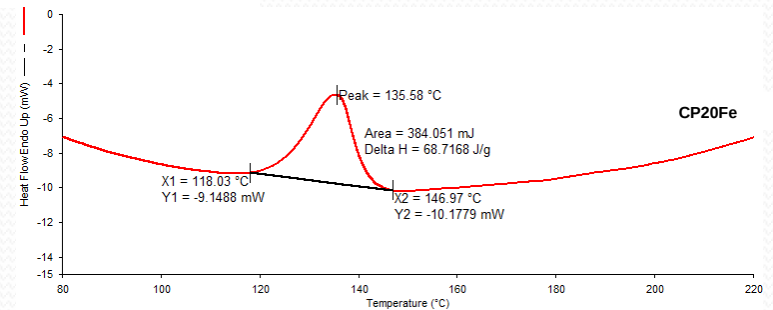
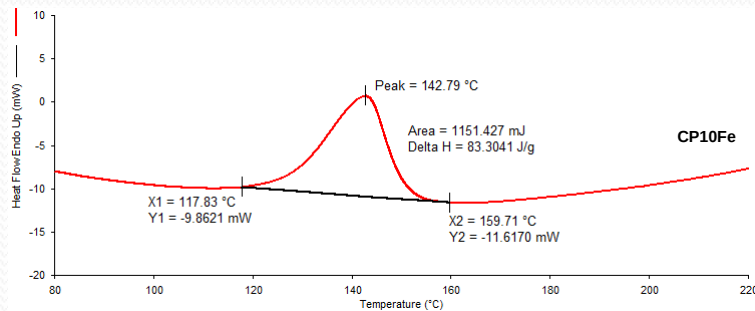
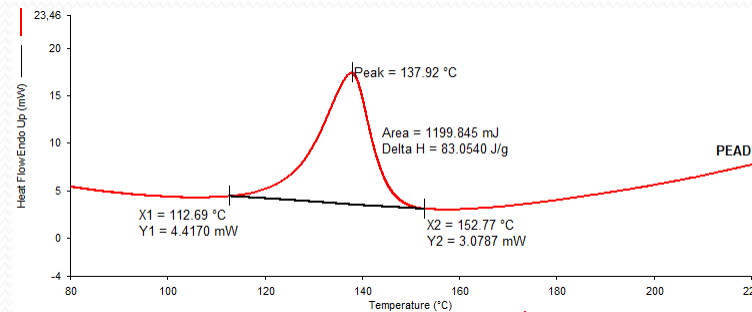
- Análise Termogravimétrica (TGA)

Amostras	Temperatura inicial	Resíduo a 550°C
PEAD puro	374,8°C	0%
CP10Fe	389,6°C	8,05%
CP20Fe	376,3°C	17,24%
CP30Fe	382,9°C	29,09%
CP40Fe	392,2°C	37,95%
CP10PO	411,9°C	9,17%
CP20PO	408,1°C	16,34%
CP30PO	384,4°C	28,51%
CP40PO	386,7°C	37,09%

- A temperatura inicial de degradação aumenta com a adição de ferro puro e pó de aciaria;
- Compósitos são mais estáveis termicamente que o PEAD puro;
- A temperatura de processamento de (300°C) atende à estabilidade térmica de todas as amostras.

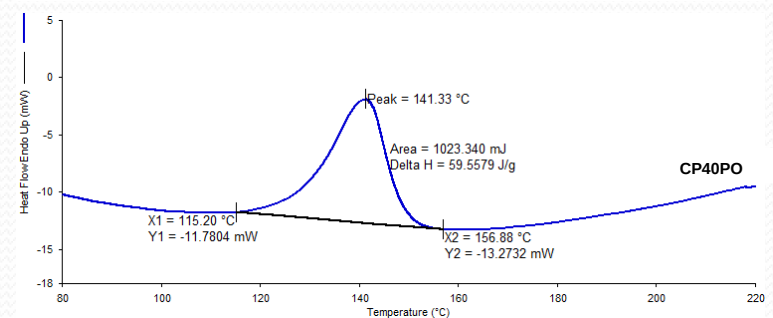
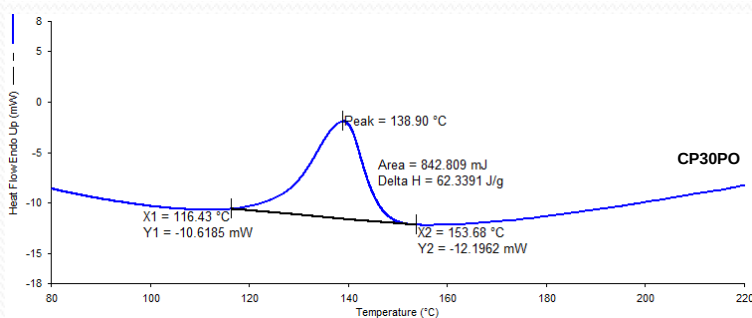
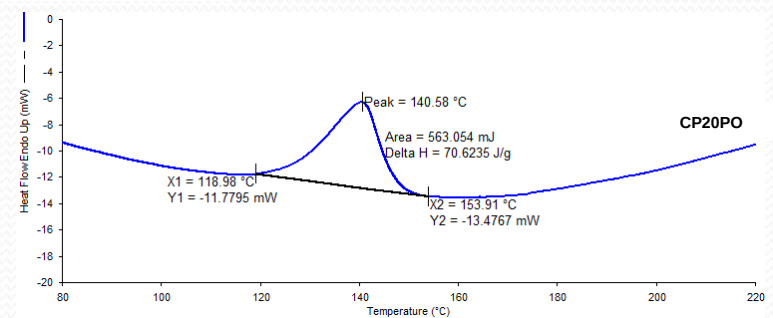
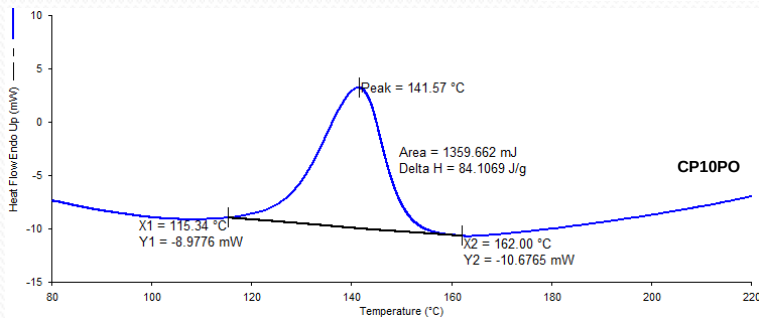
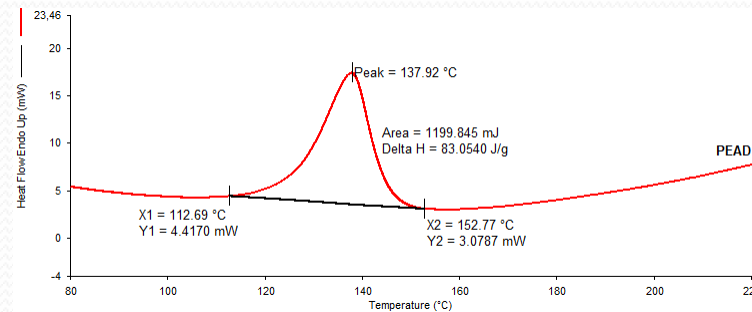
Resultados e discussões

- Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)



Resultados e discussões

- Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)



Resultados e discussões

- Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

Amostras	T ₁	T ₂	T _{fusão}	ΔT	ΔH(J.g ⁻¹)	Crist (%)	Crist Corrigido (%)
PEAD puro	112,7°C	152,8°C	137,9°C	40,1°C	83,054	28,35	-
CP10Fe	117,8°C	159,7°C	142,8°C	41,9°C	83,304	28,43	31,59
CP20Fe	118,1°C	146,9°C	135,6°C	28,8°C	68,716	23,45	29,31
CP30Fe	115,9°C	152,3°C	138,3°C	36,4°C	59,788	20,41	29,15
CP40Fe	117,2°C	155,4°C	141,6°C	38,2°C	56,897	19,42	32,37
CP10PO	115,3°C	162,1°C	141,6°C	46,8°C	84,106	28,70	31,89
CP20PO	119,0°C	153,9°C	140,6°C	34,9°C	70,623	24,10	30,13
CP30PO	116,4°C	153,7°C	138,9°C	37,3°C	62,339	21,28	30,40
CP40PO	115,2°C	156,9°C	141,3°C	41,7°C	59,557	20,33	33,89

Resultados e discussões

- Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

- Não há diferenças significativas nas temperaturas de fusão dos compósitos de ferro puro e pó de aciaria com relação ao PEAD puro;
- A temperatura dos picos de fusão dos compósitos variou de 135,6°C a 142,8°C, com média de 140,1°C, enquanto o PEAD obteve 137,9°C ;
- Quanto à largura do pico de fusão (ΔT), as amostras com 20 e 30% de ferro e pó de aciaria apresentaram uma diminuição com relação ao PEAD puro, tal fato sugere que os cristais de PEAD puro presentes nessas amostras são mais homogêneos e que o ferro e o pó de aciaria interferem na nucleação desses cristais;
- O teor de cristais nos compósitos é maior que no PEAD puro, atingindo os valores máximos de 32,37% para a amostra CP40Fe e 33,89% para a amostra CP40PO;
- Este comportamento colabora com o aumento nas propriedades mecânicas observado nas análises de tração e flexão.

Conclusões

Foram obtidos neste trabalho materiais compósitos, formulados com menores teores de derivados do petróleo, reforçados com materiais metálicos que é um subproduto gerado da siderurgia em grande quantidade, apresentando vantagens com relação à sua abundância e custo. Além disso, podem ser usados para as algumas aplicações que o PEAD puro, porém apresentando melhores propriedades mecânicas.